

بررسی ضرایب همبستگی صفات، تجزیه علیت و شاخص‌های تحمل به خشکی در گندم تحت شرایط کم‌آبیاری و سطوح مختلف نیتروژن

علیرضا توکلی^{*۱}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۱۰

چکیده

شاخص‌های تحمل به خشکی گندم، ضرایب همبستگی صفات با عملکرد دانه و نیز تفکیک اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات از طریق تجزیه علیت در تحقیقی که بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت اسپلیت پلات در سه تکرار و به مدت دو سال زراعی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه به اجرا در آمده، مورد بررسی قرار گرفت. آبیاری به عنوان کورت اصلی در چهار سطح (شرایط دیم، ۹۵، ۱۵۱ و ۲۰۷ میلی‌متر آب آبیاری) و مقادیر نیتروژن به عنوان کورت فرعی در پنج سطح (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) منظور گردید. مقادیر عملکرد دانه، کاه و کلش، عملکرد بیولوژیکی، درجه باردهی، شاخص برداشت، ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه اندازه‌گیری و تعیین شد. نتایج نشان داد که عملکرد دانه به ترتیب با شاخص برداشت ($r = 0.969^{**}$)، درجه باردهی ($r = 0.952^{**}$)، کاه و کلش ($r = 0.904^{**}$)، ارتفاع بوته ($r = 0.904^{**}$)، عملکرد بیولوژیک ($r = 0.824^{**}$)، تعداد سنبله در متر مربع ($r = 0.817^{**}$)، تعداد دانه در سنبله ($r = 0.773^{**}$) و وزن هزار دانه ($r = 0.612^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد. در تعیین اثر مستقیم و غیر مستقیم صفات موثر بر عملکرد دانه (داده‌های دو سال، چهار سطح آبیاری و پنج میزان نیتروژن) از طریق تجزیه علیت نشان داده شد که به ترتیب تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله، مهم‌ترین عامل موثر در عملکرد دانه هستند و ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و تعداد سنبله در متر مربع با عملکرد ناشی از اثرات مثبت غیر مستقیم کاه و کلش و تعداد دانه در سنبله است. بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی شامل شاخص تحمل (TOL)، شاخص بهره‌وری متوسط (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص تحمل تنش (STI) و شاخص میانگین هارمونیک (HM) نشان داد که سطح تنش ۶۶ درصد آبیاری کامل و ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در بهبود بهره‌وری آب آبیاری برتری دارد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه علیت، ضرایب همبستگی، گندم، عملکرد

مقدمه

ضرورتاً بایستی مصرف کودهای شیمیایی را به اندازه‌ای محدود نمود که موجب رشد بیش از حد گیاه نشده و گیاه با استفاده از رطوبت موجود به مرحله برداشت برسد (۱۴). بعضی مطالعات نشان می‌دهد که تنش رطوبتی در هر مرحله از رشد باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد (۳۹ و ۴۲) و مصرف بیش از اندازه نیتروژن در سال‌های خشک که محدودیت رطوبت وجود دارد، باعث کاهش عملکرد گندم می‌شود (۲۷). مطالعات نشان داده است که در صورت وجود تنش‌های رطوبتی، مصرف بیش از اندازه نیتروژن در زراعت گندم باعث کاستی عملکرد دانه از طریق کاهش تعداد سنبله‌ها می‌شود (۲۸). اجزای عملکرد تحت تاثیر اعمال مدیریت، ژنوتیپ و محیط قرار می‌گیرند و غالباً در توجیه علت کاهش عملکرد به کار می‌روند (۳۳؛ ۵۴).

یکی از روش‌های بسیار مفید و کاربردی برای تجزیه همبستگی و پی بردن به اثرات مستقیم و غیر مستقیم عوامل تولید، استفاده از

یکی از اهداف کشاورزی نوین، بهینه‌سازی مصرف آب و نیتروژن از طریق اعمال مدیریت کم‌آبیاری توأم با نیتروژن و تعیین حد بهینه آن می‌باشد (۷). اصلاح عملیات زراعی همچون انتخاب رقم مناسب، اصلاح فاصله کاشت، دفع آفات و بیماری‌ها و کنترل علف‌های هرز، زمان کاشت مناسب و تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه سبب بهبود عملکرد و افزایش بهره‌وری آب مصرفی می‌شود (۵۶). در خصوص مدیریت مصرف کود، توجه به اثرات متقابل مواد غذایی و رطوبت خاک ضروری است، در شرایط بارندگی محدود،

۱- استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی استان سمنان (شاهرود)

*- نویسنده مسئول: (Email: art.tavakoli@gmail.com)

دهنده تحمل بیشتر گیاه به خشکی است.

این تحقیق، به بررسی ضرایب همبستگی صفات و پارامترهای موثر بر عملکرد دانه و نیز تعیین اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات از طریق تجزیه علیت پرداخته و بر اساس شاخص‌های تحمل به خشکی در شرایط کم‌آبیاری و نیتروژن، حد بهینه آب آبیاری و نیتروژن را برای گندم مورد مطالعه قرار خواهد داد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم، مراغه و بر روی گندم آبی رقم الموت انجام شد. خاک محل آزمایش رس سیلتی بود و منبع تامین آب، چاه بوده است. این تحقیق بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت اسپلیت پلات با چهار سطح آبیاری (کرت اصلی) شامل: آبیاری کامل، تامین آب به میزان ۶۶ درصد آبیاری کامل (سطح تنش ۶۶ درصد)، تامین آب به میزان ۳۳ درصد آبیاری کامل (سطح تنش ۳۳ درصد) و بدون آبیاری (شرایط دیم) و پنج میزان کود نیتروژن (کرت فرعی) شامل: صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص بود. آزمایش در سه تکرار و به مدت دو سال (۸۱-۱۳۷۹) به اجرا درآمد. نیمی از نیتروژن همراه با کل کود فسفره (۳۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص) در زمان کاشت و بقیه نیتروژن در بهار به صورت سرک مصرف شد. ابعاد کرت‌های فرعی ۴ × ۵ متر بود، میزان بذر بر اساس وزن هزار دانه و با تراکم ۴۰۰ دانه در متر مربع تعیین و با دستگاه بذر کار آزمایشی وینتراشتیگر در پاییز (مهر ماه) و در عمق ۵-۳ سانتی‌متری کشت گردید. میانگین میزان آب آبیاری دو سال برای چهار تیمار آبیاری به ترتیب برابر ۲۲۰، ۱۶۰، ۱۰۰ و صفر میلی‌متر بود. اولین آبیاری در پاییز برای تمام تیمارها به جز تیمار دیم به طور یکسان و برابر ۴۰ میلی‌متر بوده و سطوح آبیاری ۱۰۰ درصد، ۶۶ درصد و ۳۳ درصد در آبیاری‌های بهاره منظور گردید. مساحت برداشت در تیمار فرعی (نیتروژن) برابر ۳/۶ متر مربع بود که پس از رسیدن محصول و با استفاده از کمباین آزمایشی انجام شد. به منظور تعیین میزان کاه و کلش و عملکرد بیولوژیک (مجموع عملکرد دانه و کاه و کلش)، شاخص برداشت (نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک) و درجه باردهی (عملکرد دانه بر حسب تن در هکتار + عملکرد بیولوژیک بر حسب تن در هکتار + شاخص برداشت بر حسب درصد)، (۲۱) نمونه‌هایی از هر کرت و از مساحت یک متر مربع به صورت دستی برداشت گردید. هم‌چنین ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله تعیین شد.

با استفاده از نرم‌افزار SPSS و STATISTICA و بر اساس میانگین تکرارها، ضرایب همبستگی عملکرد دانه با کاه و کلش (Straw & Stubble)، ارتفاع بوته (Plant Height)، وزن هزار دانه

تجزیه علیت (Path Analysis) است. اگر چه اجزای اصلی عملکرد در گندم شامل تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه می‌باشد، اما وزن دانه یکی از اساسی‌ترین مولفه‌های عملکرد به شمار می‌رود، وزن دانه به سرعت و دوام پرشدن دانه بستگی دارد، بنابراین هر عاملی که سرعت و یا دوام پرشدن دانه را تقلیل دهد، کاهش وزن هزار دانه را در پی خواهد داشت (۱۳). در حالتی که رطوبت خاک کافی باشد، تعداد سنبله در واحد سطح بیشترین اثر را در تولید محصول دارد و در شرایط تنش خشکی، تعداد دانه در سنبله و گاهی هم متوسط وزن دانه، سهمی مساوی تعداد سنبله‌ها در عملکرد کل دارد (۲۰، ۳۳). نقش اجزای عملکرد و تعیین اجزای موثر در تحقیقات به نژادی کاربرد فراوان دارد به نحوی که تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه به عنوان معیار انتخاب ارقام دیم توصیه شده است (۳۷). هانتچینال و همکاران (۴۵) تعداد دانه در سنبله را حساس‌ترین شاخص جهت انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم پیشنهاد کرده‌اند، به طوری که تعداد دانه در سنبله بیشترین اثر مستقیم و مثبت را روی عملکرد دانه داشت (۲۲) و مهم‌ترین جزء موثر بر عملکرد بوده است (۲۳). تحقیقات نشان داده اند که عملکرد دانه گندم با عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه و تعداد دانه در واحد سطح رابطه مثبت و معنی‌دار داشته درحالی‌که با شاخص برداشت و ارتفاع گیاه رابطه معنی‌داری ندارد (۱۵). برآورد عملکرد دانه به وسیله برآورد اولیه تعداد سنبله در واحد سطح و سپس تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه ممکن می‌شود (۳۸).

معمولاً عملکرد محصول تحت شرایط تنش کمتر از عملکرد آن در شرایط مطلوب است اما بهره‌وری آب تحت شرایط تنش به مراتب بیشتر از شرایط آبیاری کامل است (۹، ۸، ۵۱). شاخص‌های زیادی در ارزیابی تحمل به خشکی مورد توجه است که می‌توان به شاخص تحمل (TOL) و شاخص بهره‌وری متوسط (MP) (۵۲)، شاخص تحمل تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) (۴۳) و میانگین هارمونیک (HM) اشاره کرد که توسط محققین فراوانی مورد استفاده قرار گرفت (۳، ۶، ۳۱، ۲۴، ۳۶، ۳۴، ۱۷). شاخص تحمل و بهره‌وری متوسط توسط روزیل و هامبیل (۵۲) برای شرایط تنش و بدون تنش تعریف شده‌اند و مقادیر بالای TOL بیانگر حساسیت بیشتر به خشکی است لذا مقادیر پایین آن مطلوبیت دارد (۱۹). هنگامی که اختلاف نسبی زیادی بین Y_s (عملکرد تحت شرایط تنش) و Y_p (عملکرد تحت شرایط بدون تنش یا آبیاری کامل) وجود داشته باشد شاخص MP دارای یک اریب به طرف پتانسیل عملکرد خواهد بود، لذا جهت رفع این مشکل شاخص GMP که بر اساس میانگین هندسی عملکرد تیمارها و ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش و بدون تنش محاسبه می‌شود توسط فرناندز (۴۳) ارائه گردید. شاخص تحمل تنش STI و میانگین هندسی بهره‌وری GMP توسط فرناندز (۴۳) بیان شده و اشاره دارد که مقادیر بالای شاخص STI نشان

$$HM = \frac{2 \times Y_S \times Y_P}{\hat{Y}_S + \hat{Y}_P} \quad (5)$$

که در آن:

Y_S : عملکرد تحت شرایط تنش، کیلوگرم در هکتار

Y_P : عملکرد تحت شرایط بدون تنش یا آبیاری کامل، کیلوگرم در هکتار

\hat{Y}_P : متوسط عملکرد تحت شرایط بدون تنش، کیلوگرم در هکتار

\hat{Y}_S : متوسط عملکرد تحت هر یک از شرایط تنش، کیلوگرم در هکتار

با این توضیح که یک بار از عملکرد دانه و بار دیگر از شاخص بهره‌وری آب آبیاری (Irrigation Water Productivity = IWP) به جای عملکرد دانه در هر یک از سطوح کودی استفاده شد که بیانگر اهمیت آب در تولید به ازای واحد آب مصرفی است.

$$IWP = \frac{Y_G}{IWU} \quad (6)$$

که در آن:

IWP: شاخص بهره‌وری آب آبیاری در تولید دانه، کیلوگرم بر متر مکعب

Y_G : عملکرد دانه، کیلوگرم در هکتار

IWU: آب آبیاری، متر مکعب در هکتار

(TKW)، تعداد سنبله در متر مربع (Spike.m^{-2})، تعداد دانه در سنبله (Kernel/spike)، شاخص برداشت (H.I)، عملکرد بیولوژیک (Biol.) و درجه باردهی (P.D) تعیین گردید. همچنین از برنامه‌های فوق، اثر مستقیم (B) تعیین گردید و از طریق تجزیه علیت، نقش و اثر مستقیم و غیر مستقیم پارامترهای موثر بر عملکرد دانه (تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، کاه و کلس، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته) مشخص گردیدند.

برای بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی پنج شاخص تحمل (Tolerance Index = TOL)، شاخص بهره‌وری متوسط (Mean Productivity = MP)، شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (Geometric Mean Productivity = GMP)، شاخص تحمل تنش (Stress Susceptibility Index = STI) و شاخص میانگین هارمونیک (Harmonic Mean = HM) مورد ارزیابی قرار گرفتند که به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$TOL = Y_P - Y_S \quad (1)$$

$$MP = \frac{Y_S + Y_P}{2} \quad (2)$$

$$STI = \frac{Y_S \times Y_P}{\left(\frac{\hat{Y}_P}{2}\right)^2} \quad (3)$$

$$GMP = (Y_S \times Y_P)^{0.5} \quad (4)$$

جدول ۱- عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به خشکی در مقایسه دو سطح تنش رطوبتی با شرایط بدون تنش و سطوح مختلف نیتروژن (بر مبنای عملکرد دانه)

	N_0	N_{30}	N_{60}	N_{90}	N_{120}
عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)					
$I_{33\%} (S_{1/3})$	۲۴۷۶	۲۶۷۰	۲۷۲۴	۲۷۱۳	۲۳۱۹
$I_{66\%} (S_{2/3})$	۳۰۶۴	۳۵۴۰	۳۹۸۳	۴۴۶۷	۴۰۴۹
$I_{100\%} (P)$	۳۳۱۸	۳۸۸۷	۴۵۵۹	۵۵۷۲	۴۹۱۹
$I_{66\%}$					
TOL	۱۳۸۷	۹۱۱	۴۶۸	-۱۶	۴۰۲
MP	۳۱۹۱	۳۷۱۴	۴۲۷۱	۵۰۲۰	۴۴۸۴
GMP	۳۱۸۸	۳۷۰۹	۴۲۶۱	۴۹۸۹	۴۴۶۳
STI	۰/۵۱	۰/۶۹	۰/۹۲	۱/۲۶	۱
HM	۲۴۵۸	۳۳۲۷	۴۳۹۱	۶۰۱۸	۴۸۱۶
$I_{33\%}$					
TOL	۱۹۷۵	۱۷۸۱	۱۷۲۷	۱۷۳۸	۲۱۳۲
MP	۲۸۹۷	۳۲۷۹	۳۶۴۲	۴۱۴۳	۳۶۱۹
GMP	۲۸۸۶	۳۲۲۲	۳۵۲۴	۳۸۸۸	۳۳۷۷
STI	۰/۴۱	۰/۵۲	۰/۶۳	۰/۷۶	۰/۵۸
HM	۲۳۳۷	۲۹۵۲	۳۵۳۲	۴۳۰۰	۳۲۴۵
$\hat{Y}_P = 4451 \quad \hat{Y}_{2/3} = 3821 \quad \hat{Y}_{1/3} = 2589 \quad \hat{Y}_{P&1/3} = 3516 \quad \hat{Y}_{P&2/3} = 4136$					

نتایج و بحث

کشور ما، آب و نه زمین عامل محدود کننده در تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود، لذا مقایسه عملکرد به ازای واحد آب مصرفی بر عملکرد در واحد سطح ارجحیت دارد.

جدول ۲ نشان می‌دهد که اولاً سطح تنش ۶۶ درصد آبیاری کامل در بهره‌وری از آب دارای برتری خاصی از نظر شاخص‌های تحمل به خشکی نسبت به سطح تنش ۳۳ درصد آبیاری کامل و سطح بدون تنش (آبیاری کامل) دارد، ثانیاً در سطح تنش ۶۶ درصد آبیاری کامل، کاربرد ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص نسبت به سطوح دیگر نیتروژن برتری نشان می‌دهد به طوری که مقادیر شاخص تحمل (TOL)، شاخص بهره‌وری متوسط (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص تحمل تنش (STI) و میانگین هارمونیک (HM) به ترتیب ۰/۷۷، ۲/۶۶، ۲/۶۶، ۱/۷۳ و ۳/۲۱ بالاترین مقادیر هستند. احمدی و سی و سه دل (۱۳۸۲) طی تحقیقی بر روی کولتیوارهای گندم اصلاح شده گزارش کردند که شاخص‌های تحمل به تنش و متوسط محصول دهی نسبت به دیگر شاخص‌ها موثرتر هستند. هم‌چنین فرسشادفر و همکاران (۱۳۸۰) و امام‌جمعه (۳) شاخص‌های MP، GMP، STI و HM و کرمی و همکاران (۴۷) و ملکی و همکاران (۳۰) شاخص‌های GMP و STI را مناسب‌ترین شاخص دانسته‌اند. بدیهی است که مقادیر کمتر TOL مناسب‌تر است و بیانگر پایداری عملکرد می‌باشد. البته بالا بودن شاخص‌های GMP، MP و HM نیز مطلوبیت دارد (۳۰).

کاربرد رقم آبی برای شرایط دیم توصیه نمی‌شود، لذا بر اساس متوسط داده‌های دو سال تحقیق و تیمارهای آبیاری کامل (I_{100%}) یا سطح بدون تنش و دو سطح تنش ۶۶ درصد (I_{66%}) و سطح تنش ۳۳ درصد آبیاری کامل (I_{33%}) و سطوح نیتروژن، شاخص‌های تحمل به خشکی برآورد می‌شود که در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است.

مقادیر بیشتر شاخص‌های بهره‌وری متوسط، میانگین هندسی بهره‌وری، شاخص تحمل تنش (۴۳) و میانگین هارمونیک در انتخاب گزینه برتر برتری دارد. ولی از میان پنج شاخص، منفی‌تر بودن شاخص تحمل (TOL) و بزرگ‌تر (مثبت) بودن دیگر شاخص‌ها برتری دارند (۱۹). علامت منفی شاخص تحمل (TOL) نشان می‌دهد که سطوح تنش، دارای بهره‌وری آب مصرفی آبیاری بیشتری نسبت به سطح بدون تنش می‌باشد. اگر چه شاخص بهره‌وری آب مصرفی به تنهایی برای تعیین تیمار برتر کفایت می‌کند اما شاخص‌های مورد بررسی در این تحقیق تأییدی مجدد بر گزینه برتر به شمار می‌رود.

بر اساس جدول ۱ و با توجه به شاخص‌های مختلف، سطح کودی N₉₀ کیلوگرم در هکتار مطلوب است. اگر چه سطح تنش ۶۶ درصد آبیاری کامل بر سطح تنش ۳۳ درصد آبیاری کامل برتری دارد اما نباید فقط به عملکرد دانه در واحد سطح توجه کرد، بلکه بایستی بر اساس شاخص بهره‌وری آب گزینش نمود، زیرا در شرایط

جدول ۲- بهره‌وری آب و شاخص‌های تحمل به خشکی در مقایسه دو سطح تنش رطوبتی با شرایط بدون تنش و سطوح مختلف نیتروژن (بر مبنای بهره‌وری آب)

	N ₀	N ₃₀	N ₆₀	N ₉₀	N ₁₂₀
بهره‌وری آب آبیاری (IWP) (کیلوگرم بر متر مکعب)					
I _{33%} (S _{1/3})	۲/۴۸	۲/۶۷	۲/۷۲	۲/۷۱	۲/۳۲
I _{66%} (S _{2/3})	۱/۹۲	۲/۲۱	۲/۴۹	۲/۷۹	۲/۵۳
I _{100%} (P)	۱/۵۱	۱/۷۷	۲/۰۷	۲/۵۳	۲/۲۴
I_{66%}					
TOL	۰/۱۱	-۰/۱۹	-۰/۴۷	-۰/۷۷	-۰/۵۱
MP	۱/۷۱	۱/۹۹	۲/۲۸	۲/۶۶	۲/۳۸
GMP	۱/۷۰	۱/۹۸	۲/۲۷	۲/۶۶	۲/۳۸
STI	۰/۷۱	۰/۹۶	۱/۲۶	۱/۷۳	۱/۳۸
HM	۱/۳۱	۱/۷۷	۲/۳۴	۳/۲۱	۲/۵۷
I_{33%}					
TOL	-۰/۴۵	-۰/۶۵	-۰/۷۰	-۰/۶۹	-۰/۳۰
MP	۱/۹۹	۲/۲۲	۲/۴۰	۲/۶۲	۲/۲۸
GMP	۱/۹۳	۲/۱۷	۲/۳۸	۲/۶۲	۲/۲۸
STI	۰/۹۱	۱/۱۵	۱/۳۸	۱/۶۸	۱/۲۷
HM	۱/۶۲	۲/۰۵	۲/۴۵	۲/۹۹	۲/۲۵
	$\hat{Y}_p = 2/02$	$\hat{Y}_{2/3} = 2/39$	$\hat{Y}_{1/3} = 2/58$	$\hat{Y}_{p\&1/3} = 2/30$	$\hat{Y}_{p\&2/3} = 2/21$

همبستگی بسیار ضعیف منفی خبر دادند. عملکرد دانه با شاخص برداشت همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار داشت (جدول ۳). این نتیجه توسط سیادت و همکاران (۱۶)، اهدایی و همکاران (۴ و ۵) محمدی (۲۵)، و حسین پور و همکاران (۱۳۸۰) تایید شده است اما برخی گزارش کردند که بین شاخص برداشت و عملکرد دانه همبستگی وجود ندارد (۱۵، ۳۵) و چون نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که شاخص برداشت از آزمایشی به آزمایش دیگر متغیر است و این تغییرات همسو با تغییرات عملکرد دانه نیست، لذا نمی‌توان از شاخص برداشت به عنوان صفتی مناسب در ارزیابی عملکرد استفاده کرد (۳۵). برآورد عملکرد دانه به وسیله برآورد اولیه تعداد سنبله در واحد سطح و سپس تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه ممکن می‌شود (۳۸). تعداد سنبله در واحد سطح با محصول دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داده است (جدول ۳). این نتیجه توسط مبصر (۲۳)، اهدایی و همکاران (۴) و هامپتون و همکاران (۴۴) تایید شده است. مشاهده شده در حالتی که رطوبت خاک کافی باشد تعداد سنبله در واحد سطح بیشترین تاثیر را در تولید محصول دارد (۲۰). عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار داشت. این نتیجه توسط سیادت و همکاران (۱۶) و محمدی (۲۵) تایید شده است و برخی عقیده دارند که افزایش عملکرد دانه در آینده بستگی به افزایش عملکرد بیوماس دارد (جعفری، ۱۳۷۰). عملکرد دانه با ارتفاع بوته همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار داشت (جدول ۳). این نتیجه توسط اهدایی و همکاران (۴) و محمدی (۲۵) تایید شده است اما سنجرى (۱۵) نشان داد که عملکرد دانه گندم با ارتفاع گیاه رابطه معنی‌داری ندارد.

بر اساس میانگین تکرارها و برای داده‌های دو ساله سطوح مختلف آبیاری (چهار سطح آبیاری) و مقادیر نیتروژن (پنج میزان)، نتایج ضرایب همبستگی نشان می‌دهد که عملکرد دانه به ترتیب با شاخص برداشت ($r = 0/969^{**}$)، درجه باردهی ($r = 0/952^{**}$)، کاه و کلش ($r = 0/904^{**}$)، ارتفاع بوته ($r = 0/904^{**}$)، عملکرد بیولوژیک ($r = 0/824^{**}$)، تعداد سنبله در متر مربع ($r = 0/817^{**}$)، تعداد دانه در سنبله ($r = 0/773^{**}$) و وزن هزار دانه ($r = 0/612^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد (جدول ۳).

در بررسی همبستگی بین عملکرد دانه و اجزای آن نشان داده شد (جدول ۳) که بین عملکرد دانه و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و وزن هزار دانه با نظرات حسین پور و همکاران (۱۱)، محمدی (۲۵)، سنجرى (۱۵)، خباز صابری و همکاران (۱۲) و شری و استانان و همکاران (۵۵) مطابقت دارد، اما با نتیجه برخی دیگر مغایرت دارد (۴). صفت تعداد دانه در هر سنبله مهم است، چون حداکثر عملکردی که در شرایط محیطی معین می‌توان تولید کرد مقداری مشخص است. بنابراین افزایش تعداد دانه ناچاراً کاهش وزن دانه را به همراه خواهد داشت و برعکس (۲۰).

در بررسی همبستگی بین عملکرد دانه و اجزای آن نشان داده شده که بین عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله با نظرات اهدایی و همکاران (۴)، محمدی (۲۵)، سنجرى (۱۵)، شری و استانان و همکاران (۵۴) و هانچینال و همکاران (۱۹۸۱) مطابقت، اما حسین پور و همکاران (۱۱) از وجود

جدول ۳- ضرایب همبستگی عملکرد دانه با اجزای آن

کاه و کلش	ارتفاع بوته	وزن هزار دانه	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	درجه باردهی
۰/۹۰۴**	۰/۹۰۴**	۰/۶۱۲**	۰/۸۱۷**	۰/۷۷۳**	۰/۹۶۹**	۰/۸۲۴**	۰/۹۵۲**	۱
۱	۰/۸۳۶**	۰/۵۳۷**	۰/۷۲۵**	۰/۷۳۴**	۰/۹۸۲**	۰/۵۷۷**	۰/۷۸۹**	۱
۱	۱	۰/۶۸۹**	۰/۸۹۳**	۰/۵۸۷**	۰/۸۸۷**	۰/۸۱۳**	۰/۹۰۷**	۱
۱	۱	۱	۰/۵۴۳**	۰/۴۲۲**	۰/۵۸۳**	۰/۶۹۱**	۰/۶۹۷**	۱
تعداد سنبله در متر مربع	۱	۱	۱	۰/۳۰۸ ^{ns}	۰/۷۸۴**	۰/۶۹۳**	۰/۷۸۸**	۱
تعداد دانه در سنبله	۱	۱	۱	۱	۰/۷۷۰**	۰/۶۸۱**	۰/۷۷۰**	۱
شاخص برداشت	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۷۰۱**	۰/۸۸۱**	۱
عملکرد بیولوژیک	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۹۵۵**	۱
درجه باردهی	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

ns و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.

جدول ۴- تفکیک ضرایب همبستگی صفات موثر بر عملکرد دانه گندم به اثر مستقیم و غیر مستقیم از طریق تجزیه علیت

(n=۴۰§)	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم					ضرایب همبستگی (r) با عملکرد دانه §§
		(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	
کاه و کلش (۱)	P ₁	-	P ₂ *r ₂₁	P ₃ *r ₃₁	P ₄ *r ₄₁	P ₅ *r ₅₁	r ₁
ارتفاع بوته (۲)	P ₂	P ₁ *r ₁₂	-	P ₃ *r ₃₂	P ₄ *r ₄₂	P ₅ *r ₅₂	r ₂
وزن هزار دانه (۳)	P ₃	P ₁ *r ₁₃	P ₂ *r ₂₃	-	P ₄ *r ₄₃	P ₅ *r ₅₃	r ₃
تعداد سنبله در متر مربع (۴)	P ₄	P ₁ *r ₁₄	P ₂ *r ₂₄	P ₃ *r ₃₄	-	P ₅ *r ₅₄	r ₄
تعداد دانه در سنبله (۵)	P ₅	P ₁ *r ₁₅	P ₂ *r ₂₅	P ₃ *r ₃₅	P ₄ *r ₄₅	-	r ₅

P: بیانگر اثر مستقیم §: تعداد تیمار آبیاری * تعداد سطوح نیتروژن * دو سال §§: ضریب همبستگی هر کدام از صفات با عملکرد دانه برابر مجموع اثرات مستقیم و غیر مستقیم می‌باشد.

جدول ۵- تفکیک ضرایب همبستگی صفات موثر بر عملکرد دانه گندم به اثر مستقیم و غیر مستقیم

(n = ۴۰ §)	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم					ضرایب همبستگی با عملکرد دانه §§
		(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	
کاه و کلش (۱)	۰/۱۰۱	-	-۰/۱۱۸	-۰/۰۳۳	-۰/۴۸۴	-۰/۴۰۴	۰/۹۰۴**
ارتفاع بوته (۲)	-۰/۱۴۱	۰/۰۸۴	-	-۰/۰۴۲	-۰/۵۹۶	-۰/۳۲۳	۰/۹۰۴**
وزن هزار دانه (۳)	۰/۰۶۱	۰/۰۵۴	-۰/۰۹۷	-	۰/۳۶۲	۰/۲۳۳	۰/۶۱۲**
تعداد سنبله در متر مربع (۴)	۰/۶۶۷	-۰/۰۵۳	-۰/۱۲۶	-۰/۰۳۳	-	-۰/۱۷۰	۰/۸۱۷**
تعداد دانه در سنبله (۵)	۰/۵۵۱	۰/۰۷۴	-۰/۰۸۳	-۰/۰۲۶	-۰/۲۰۵	-	۰/۷۷۳**

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد ns: غیر معنی‌دار P: بیانگر اثر مستقیم R = 0.986 R² = 0.972 R²adj = 0.968 §: چهار تیمار آبیاری * پنج میزان نیتروژن * دو سال §§: ضریب همبستگی (r) هر کدام از صفات با عملکرد دانه برابر مجموع اثرات مستقیم و غیر مستقیم می‌باشد.

به تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله است. اگر چه ارتفاع بوته و وزن هزار دانه دارای ضریب همبستگی بالایی با عملکرد دانه هستند اما تجزیه علیت نشان می‌دهد که بخش عمده این مقادیر متأثر از تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله می‌باشد (جدول ۵).

بدین ترتیب نقش و اثر صفات مورد مطالعه بر ضریب همبستگی به صورت زیر خلاصه می‌شود و نشان می‌دهد که این صفات بر عملکرد دانه و روی یکدیگر چه اثری (مثبت یا منفی) داشته‌اند:

$$\begin{aligned}
 &\text{کاه و کلش: } P_4 * r_{41} > P_5 * r_{51} > P_2 * r_{21} > P_1 > P_3 * r_{31} \\
 &\text{ارتفاع بوته: } P_4 * r_{42} > P_5 * r_{52} > P_2 > P_1 * r_{12} > P_3 * r_{32} \\
 &\text{وزن هزار دانه: } P_4 * r_{43} > P_5 * r_{53} > P_2 * r_{23} > P_3 > P_1 * r_{13} \\
 &\text{تعداد سنبله در مترمربع: } P_4 > P_5 * r_{54} > P_2 * r_{24} > P_1 * r_{14} > P_3 * r_{34} \\
 &\text{تعداد دانه در سنبله: } P_5 > P_4 * r_{45} > P_2 * r_{25} > P_1 * r_{15} > P_3 * r_{35}
 \end{aligned}$$

عملکرد دانه مثبت و کم گزارش نمودند. افزایش عملکرد دانه از طریق وزن هزار دانه به طور مستقیم توسط دوفینگ و نایت (۴۰)، مقدم و همکاران (۲۶)، اهدایی و وینز (۴۱)، شمس‌الدین (۵۳)، موندال و همکاران (۵۰) و حسین‌پور و همکاران (۱۱) گزارش شده است. در تحقیقات انجام شده توسط موندال و همکاران (۵۰) ضرایب تجزیه

ضرایب همبستگی به خودی خود گویای تمام واقعیت‌ها نیست، لذا به تجزیه علیت به تفکیک اثرات مستقیم و غیر مستقیم این عوامل پرداخته می‌شود. اثر مستقیم صفات و ضرایب همبستگی ساده با استفاده از نرم افزار SPSS (مدل رگرسیونی Enter) و STATISTICA به دست آمد. برای تعیین اثر غیر مستقیم صفات از روابط تعریف شده در جدول ۴ استفاده شد که روشی ساده در محاسبه اثر غیر مستقیم محسوب می‌شود. جدول ۵ نشان می‌دهد که بیشترین اثر مستقیم به ترتیب مربوط

دوفینگ و نایت (۴۰) اثر مستقیم تعداد دانه در سنبله را بر عملکرد دانه مثبت و مهم گزارش نموده است. اهدایی و همکاران (۵) بیشترین اثر مستقیم روی عملکرد دانه را مربوط به تعداد دانه در سنبله دانسته‌اند و آقایی (۲) نیز اثر دانه در سنبله را مثبت و متوسط دانست اما کومار و گوپتا (۴۹) اثر تعداد دانه در سنبله را بر روی

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده در این تحقیق، سطح تنش ۶۶ درصد آبیاری کامل و ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از نظر شاخص‌های تحمل به خشکی شامل شاخص تحمل (TOL)، شاخص بهره‌وری متوسط (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص تحمل تنش (STI) و میانگین هارمونیک (HM) نسبت به دیگر تیمارها برتری دارد. بین عملکرد دانه با صفات مورد مطالعه (کاه و کلس، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع و ارتفاع بوته) همبستگی مثبت معنی‌دار وجود دارد و بیشترین اثر مستقیم به ترتیب مربوط مربوط به تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله است. این نتایج می‌تواند مورد توجه و استفاده مطالعات به‌نژادی قرار گیرد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی شماره ۷۸۱۴۳-۲۱-۱۰۰ است که با اعتبارات و امکانات موسسه تحقیقات کشاورزی دیم اجرا گردید، بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

علیت نشان داد که تعداد دانه در سنبله، وزن صد دانه و تعداد پنجه، اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه داشته‌اند، ضمن اینکه ارتفاع بوته و زمان رسیدن اثر مستقیم منفی روی عملکرد داشته‌اند. شمس‌الدین (۵۳) اثرات مستقیم تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در بوته و وزن صد دانه روی عملکرد دانه گندم را مثبت تعیین نمود. موید و همکاران (۱۳۷۶) گزارش کردند که بر اساس نتایج حاصل از همبستگی‌های فنوتیپی و ژنوتیپی، رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت برای افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش، از بین اجزای عملکرد دانه به ترتیب ابتدا تعداد سنبله در واحد سطح، بعد تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه را بایستی افزایش داد و به دلیل محدودیت آب، برای افزایش شاخص برداشت، باید عملکرد کاه را نسبت دانه کاهش داد و برای افزایش دانه در شرایط بدون تنش از بین اجزای عملکرد دانه، به ترتیب تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح و وزن هزار دانه را بایستی افزایش داد و در شرایط عدم محدودیت آب بهتر است با افزایش دوره‌ی رشد رویشی میزان شاخ و برگ، افزایش یابد، چون در پرشدن دانه و تغذیه دانه دخالت دارد، البته با توجه به اثر مستقیم و منفی ارتفاع بوته بر شاخص برداشت، میزان اندام‌های هوایی باید تا حدی افزایش یابد که باعث ورس محصول نگردد و در نهایت نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک بالا باشد.

منابع

- ۱- احمدی، ع.، و. ع. سی‌وسه‌مرده. ۱۳۸۲. روابط بین شاخص‌های رشد، تحمل به خشکی و عملکرد در کولتیوارهای گندم اصلاح شده برای اقلیم‌های مختلف ایران در شرایط تنش و عدم تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۴(۳): ۶۸۰-۶۶۷.
- ۲- آقایی‌سربزره، م. ۱۳۷۳. تجزیه پایداری و تجزیه علیت عملکرد و صفات وابسته در تعدادی از ارقام اصلاح شده جو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی تبریز، ۱۵۲ص.
- ۳- امام‌جمعه، ع. ۱۳۷۸. تعیین فاصله ژنتیکی توسط PAPD-PCR، ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی و تحلیل سازگاری در نخود ایرانی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه رازی کرمانشاه.
- ۴- اهدایی، ب.، ق. نورمحمدی و ع. والا. ۱۳۷۳. حساسیت محیطی و تجزیه همبستگی عملکرد دانه و اجزای آن در ارقام تتراپلوئید (دوروم) بومی خوزستان در شرایط مساعد و نامساعد محیطی. مجله علمی کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، جلد ۱۷: ۳۱-۱۵.
- ۵- اهدایی، ب.، ق. نورمحمدی، ع. کجیاف و ح. بزرگمهری. ۱۳۶۷. تغییرات ژنتیکی، قابلیت توارث و تجزیه همبستگی صفات زراعی ارقام گندم هگزاپلوئید بومی خوزستان. مجله علمی کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، جلد ۱۲: ۴۷-۲۷.
- ۶- تارلی‌نژاد، آ.، م. مقدم، م. ر. شکیب، ه. کاظمی و م. م. صدر. ۱۳۷۷. ارزیابی واکنش لاین‌های حاصل از توده‌های بومی گندم پاییزه به شرایط آبی و تنش کمبود آب. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، صفحات: ۲۸-۲۷.
- ۷- توکلی، ع. ر.، و. بلسون، ر. رضوی و ف. فری. ۱۳۸۲. بررسی عکس‌العمل گندم دیم نسبت به سطوح مختلف آبیاری تکمیلی و نیتروژن، گزارش نهایی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، شماره ۳۱۵/۸۲، ۱۱۴ص.
- ۸- توکلی، ع. ل. ۱۳۸۲. اثر مقادیر مختلف آبیاری تکمیلی و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم رقم سیلان. مجله نهال و بذر، ۱۹ (۳): ۳۶۷-۳۸۱.
- ۹- توکلی، ع. ر.، ع. لیاقت، ا. عزیزاده، ط. عویس. ۱۳۸۹. بهبود بهره‌وری آب با بکارگیری مدیریت تلفیقی آبیاری محدود و عملیات زراعی برتر در زراعت غلات دیم. رساله دکتری آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران.

- ۱۰- جعفری، ع. ۱۳۷۰. بررسی عملکرد و سایر خصوصیات زراعی ۱۶ رقم جو در تبریز و باختران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.
- ۱۱- حسین‌پور، ط.، ع. سیادت و ر. مامقانی. ۱۳۸۰. مطالعه همبستگی خصوصیات فیزیولوژیکی ده ژنوتیپ گندم با عملکرد دانه از طریق تجزیه علیت (Path Analysis) در شرایط دیم کوه‌دشت لرستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، ۱۵۶ص.
- ۱۲- خبازصابری، ح.، س. قمی و ع. چراغعلی. ۱۳۷۲. بررسی و تعیین تراکم مناسب در ارقام پیشرفته گندم، مجله نهال و بذر، ۹(۳ و ۴): ۲۹-۲۶.
- ۱۳- رادمهر، م. ۱۳۷۶. تاثیر تنش گرمایی بر فیزیولوژی رشد و نمو گندم. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۰۱ص.
- ۱۴- سردنیا، غ. و ع. کوچکی. ۱۳۷۴. جنبه‌های فیزیولوژیکی زراعت دیم (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۲۴ص.
- ۱۵- سنجری، ا. ق. ۱۳۷۲. بررسی تاثیر اجزای عملکرد در میزان عملکرد دانه ارقام گندم، مجله نهال و بذر، ۹(۱ و ۲): ۲۰-۱۵.
- ۱۶- سیادت، ع.، ا. هاشمی‌دزفولی و ف. قوشچی. ۱۳۷۷. بررسی میزان عملکرد در مقایسه همبستگی برخی خصوصیات مرفولوژیک و فیزیولوژیک شش رقم تریتیکاله در خوزستان. مجله نهال و بذر، ۱۴ شماره ۲.
- ۱۷- عبدالشاهی، ر.، م. امیدی، ع. ر. طالعی، و ب. یزدی صمدی. ۱۳۸۹. ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نان از لحاظ تحمل به تنش خشکی. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۳(۱): ۱۷۱-۱۵۹.
- ۱۸- فرشادفر، ع.، م. زمانی، م. مطلبی و ع. امام جمعه. ۱۳۸۰. انتخاب برای مقاومت به خشکی در لاین‌های نخود. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۲(۱): ۶۵-۷۷.
- ۱۹- کارگر، س. م. ع.، م. ر. قنادها، ر. بزرگی‌پور، ا. ع. خواجه احمد عطاری و ح. ر. بابایی. ۱۳۸۳. ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در تعدادی از ژنوتیپ‌های سویا در شرایط آبیاری محدود. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۵(۱): ۱۴۲-۱۲۹.
- ۲۰- کوچکی، ع. ۱۳۷۶. به‌زراعی و به‌نژادی در زراعت دیم (ترجمه) انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۳۰۲ص.
- ۲۱- کوچکی، ع.، و ج. خلغانی. ۱۳۷۲. شناخت مبتنی تولید محصولات زراعی. انتشارات دانشگاه مشهد.
- ۲۲- لطفعلی‌آینه، غ. ۱۳۷۶. بررسی خصوصیات فنولوژیک، فیزیولوژیک، کمی و کیفی پنج ژنوتیپ گندم دوروم در چهار میزان مصرف کود ازته تحت شرایط آب و هوایی اهواز. پایان‌نامه دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۳۷ص.
- ۲۳- مبصر، ص. ۱۳۷۳. مطالعه همبستگی بین عملکرد و اجزای آن و برخی صفات مرفولوژیکی جو از طریق تجزیه علیت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، ۷۱ص.
- ۲۴- محمدی، ع.، ا. مجیدی هروان، م. ر. بی‌همتا، و ح. حیدری شریف‌آباد. ۱۳۸۵. ارزیابی تنش خشکی بر روی خصوصیات زراعی و مورفولوژیکی تعدادی از ارقام گندم. مجله پژوهش و سازندگی، ۷۳: ۱۹۲-۱۸۴.
- ۲۵- محمدی، م. ۱۳۷۷. گزارش نهایی بررسی همبستگی صفات زراعی با عملکرد دانه گندم در شرایط دیم. مرکز تحقیقات کشاورزی کهگیلویه و بویر احمد، شماره ۷۷/۳۳۲، ۱۱ص.
- ۲۶- مقدم، م.، م. بصیرت، ف. رحیم‌زاده‌خویی و م. شکبیا. ۱۳۷۲. تجزیه علیت عملکرد دانه، اجزای آن و برخی صفات مرفولوژیک در گندم پاییزه. مجله دانش کشاورزی، جلد ۴(۱ و ۲): ۷۳-۴۸.
- ۲۷- ملکوتی، م. ج.، و م. نفیسی. ۱۳۷۳. مصرف کود در اراضی فاریاب و دیم. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۳۴۲ص.
- ۲۸- ملکوتی، م. ج.، و م. همایی. ۱۳۷۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۴۹۴ص.
- ۲۹- ملکوتی، م. ج.، و س. ع. ریاضی‌همدانی. ۱۳۷۰. کودها و حاصلخیزی خاک (ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی، ۸۰۱ص.
- ۳۰- ملکی، ع.، ا. مجیدی هروان، ح. حیدری شریف‌آباد و ق. نورمحمدی. ۱۳۸۸. ارزیابی تحمل به خشکی ارقام بومی و اصلاح شده گندم نان در شرایط آبی و دیم. مجله دانش نوین کشاورزی ۱۶: ۹۱-۸۱.
- ۳۱- نورمند موید، ف.، م. رستمی و م. قنادها. ۱۳۷۷. بررسی تنوع صفات کمی و رابطه آنها با عملکرد گندم نان در شرایط دیم و آبی. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، شهریور ۱۳۷۷.
- ۳۲- نورمندموید، ف. ۱۳۷۶. بررسی تنوع صفات کمی و رابطه آنها با عملکرد گندم نان در شرایط دیم و آبی و تعیین شاخص‌های مقاومت به خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۲۷صفحه.
- ۳۳- هاشمی‌دزفولی، ا.، ع. کوچکی و م. بنایان. ۱۳۷۴. افزایش عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۸۷ص.
- ۳۴- ویسی‌مال‌امیری، ا.، ر. حق‌پرست، م. آقایی سربزه، ع. فرشادفر و ر. رجبی. ۱۳۸۹. ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های جو با استفاده از خصوصیات فیزیولوژیکی و شاخص‌های تحمل به خشکی. مجله به‌نژادی نهال و بذر، ۱-۲۶: ۴۳-۶۰.

- ۳۵- یزدان‌سیاس، ا. ۱۳۷۷. مطالعه پایداری شاخص برداشت و عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گندم‌های زمستانه و بهاره. مقالات کلیدی پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، شهریور ۱۳۷۷.
- ۳۶- یوسفی‌آذر، م. و ع. رضایی. ۱۳۸۶. ارزیابی تحمل به خشکی در لاین‌های گندم. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۱(۴۲ الف): ۱۲۱-۱۱۳.
- 37- Asana, R.D. 1962. Analysis of drought resistance in wheat. *Arid Zone Res.* 16:183-190.
- 38- CIMMYT wheat production, agronomy. 1991. Diagnosing factors limiting productivity, in wheat production, the wheat plants system.
- 39- Day, A.D., and S. Intalap. 1970. Some effects of soil moisture on the grown of wheat. *Agron.J.* 62: 27-29.
- 40- Dofing, S.M., and Knight, C.W. 1992. Alternative model for path analysis of small – grain yield. *Crop Science.* 32(2): 487-489.
- 41- Ehdaei, B., and J.C. Waines. 1987. Genetic variability, heritability and path analysis in land races of bread wheat from south western of Iran. *Euphytica* 41: 1183-1190.
- 42- Ehlig, C.F., and Lamert, R.D. 1976. Water use and productivity of wheat under five irrigation treatments. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40: 750-755.
- 43- Fernandez, G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In proceeding of the symposium, Taiwan, 13-18 Aug. 1992.
- 44- Hampton, J.B., B.L. Mecloy, and D.R. Memillan. 1981. Ear population and wheat production. *N.Z.J. Exp. Agric:* 185-189.
- 45- Hanchinal, R.R., J.P. Tandon, and P.M. Salimath. 1994. Variation and adaptation of wheat varieties for heat tolerance in peninsular India. P.P. 175-183.
- 46- James, R.C., and J.V. Roger. 1991. Wheat healt management, APS press the American phytopathological experimentation design and analysis, John Willy and Sons.
- 47- Karami, E., M.R. Ghanadha, M.R. Naghavai, and M. Mardi. 2005. Identifying of drought tolerant varieties in barley. *Iran J. Agric. Sci.* 37: 371-379.
- 48- Kristin, A.S., R.R. Serna, F.I. Perez, B.C. Enriqueze, J.A.A. Gallegos, P.R. Vallejo, N. Wassimi, and J.D. Kelley. 1997. Improving common performance under drought stress. *Crop Science*, 37: 43-50.
- 49- Kumar, D., and Gupta, S.C. 1984., Correlation and path coefficient analysis in barley grown on normal and saline soils. *India J. Agric. Sci.:* 54(4): 356-358.
- 50- Mondal, A.B., D.P. Sadhu, and K.K. Asrkar. 1997. Correlation and path analysis in bread wheat. *Environment and Ecology*, 15: 537-539.
- 51- Oweis, T., A. Hachum, and J. Kijne, 1999. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water use efficiency in dry areas. SWIM paper no.7. 38pp.
- 52- Rosielle, A.A., and J. Hambling. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non- stress environments. *Crop Science*, 21: 943-946.
- 53- Shamsuddin, A.K. 1987. Path analysis in bread wheat. *India J. Agric. Sci.* 57: 478-490.
- 54- Shipway, P.A. 1981. Factors controlling yield of oil seed rape (*Brassica napus L.*). *Journal of Agricultural Science.* 96: 389-416.
- 55- Shrivastana, S.N., D.K. Sadar, and M.H. Mallick. 1980. Association analysis in rainfed wheat. *Indian J. Genetic. P. Bread.* 40:512-514.
- 56- Tavakoli, A.R., T. Oweis, Sh. Ashrafi, H. Asadi, H. Siadat, and A. Liaghat. 2010. Improving rainwater productivity with supplemental irrigation in upper Karkheh river basin of Iran. *International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria*, 123pp.